

Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Über die Stirnaugen der Neuropteren und Lepidopteren.

Von

Eugen Link.

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität Tübingen.)

Mit Tafel 15–17 und 5 Abbildungen im Text.

Bei dem Sammeln des Materials zu Untersuchungen über die Stirnaugen der hemimetabolen Insecten richtete ich mein Augenmerk auch auf die Neuropteren und Lepidopteren, um etwa vorhandene Stirnaugen zum Vergleich heranziehen zu können. Da mir ein ziemlich vollständiges Material zur Verfügung stand und die Stirnaugen der Neuropteren und Lepidopteren nicht bloß von denen der hemimetabolen Insecten, sondern auch von den bisher allein genauer bekannten und allgemein als Typus betrachteten Stirnaugen der holometabolen Insecten (Hymenopteren) in mannigfacher Hinsicht sich unterscheiden, entschloß ich mich, sie im besondern zu bearbeiten.

Von den Neuropteren hat GRENACHER erstmals die Ocelle von *Phryganea maxima* untersucht. HESSE beschäftigte sich nach ihm ebenfalls mit den Ocellen einer Phryganeide (*Anabolia sp.*); er konnte die GRENACHER'schen Befunde in mehrfacher Hinsicht berichtigen und ergänzen. Über die Entwicklung dieser Organe spricht er lediglich Vermutungen aus, da ihm nur Imagines zur Verfügung standen. Sie bietet deshalb ein besonderes Interesse, weil bei diesen Augen zwischen die Retina und die Corneazellen eine besondere Schicht eingeschaltet ist, über deren Herkunft man bei der Imago keinen sichern Aufschluß mehr erhalten kann. Ich verschaffte mir daher durch Züchtung von Phryganeiden das nötige Material, um die Entwicklung dieser Ocelle eingehend zu verfolgen und sowohl

die Entstehung der Retina als auch dieser besondern Schicht klarzulegen. Ferner untersuchte ich eine größere Anzahl der übrigen mit Stirnagen versehenen Neuropteren-Arten, um sie mit den Befunden bei den Phryganeiden zu vergleichen.

Über den feinem Bau der Stirnagen der Schmetterlinge konnte ich in der Literatur keine Angaben finden, obwohl das Vorhandensein dieser Organe schon recht lange bekannt ist. Es wird bei dieser Gruppe ebenfalls nicht nur der Bau der Ocelle bei mehreren Arten, sondern auch ihre Entwicklung geschildert werden.

Das Material zu dieser Arbeit wurde von mir in der Umgegend Tübingens im Lauf des Sommers 1907 gesammelt; nur einige Schmetterlinge bzw. deren Puppen bezog ich von der Naturalienhandlung E. A. BÖTTCHER in Berlin.

Meinem hochverehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. F. BLOCHMANN bin ich für die mannigfache Unterstützung bei der Bearbeitung dieses Themas zu großem Dank verpflichtet. Desgleichen schulde ich Herrn Prof. Dr. R. HESSE für sein Interesse an dieser Arbeit wie für zahlreiche Ratschläge besonders auch in Beziehung auf das Sammeln des nötigen Materials vielen Dank.

Untersuchungsmethoden: Als Konservierungsmittel benutzte ich hauptsächlich Sublimat-Essigsäure neben ZENKER'schem Gemisch. Um ein gutes Eindringen der Flüssigkeit zu ermöglichen, wurde der die Stirnagen tragende Teil des Kopfes mit dem Rasiermesser flach abgetragen. Geschnitten wurden die Objekte in der Regel nach der kombinierten Einbettung in Celloidin und Paraffin (B. LEE u. MAYER, Grundzüge d. mikrosk. Technik, 1907, p. 116). Diese Einbettung gestattet, wenn sie mit Vorsicht gehandhabt wird, weit dünnere Schnitte als die einfache Einbettung in Paraffin. Es ist besonders darauf zu achten, daß die Celloidinlösung nicht zu dick ist und genügend Paraffin enthält, ferner, daß die Erwärmung, solange viel Chloroform anwesend ist, nur mäßig sein darf und auf kurze Zeit beschränkt werden muß, da sonst das Celloidin spröde und zum Schneiden ungeeignet wird. Die Ablösung der Cuticula von den Weichteilen am eingebetteten Objekt, wie ich es besonders bei den Orthopteren mit gutem Erfolg tat, konnte ich hier nur in beschränktem Maß ausführen.

Zur Färbung verwendete ich größtenteils Eosin und DELAFIELD's Hämatoxylin und zur Feststellung der feinem Verhältnisse HEIDENHAIN's Eisenhämatoxylin. Das Pigment wurde mit der GRENACHER-

schen oder JANDER'schen Mischung entfernt (B. LEE u. MAYER, 1907, p. 278).

I. Neuropteren.

Die Verteilung der Stirnaugen bei den Neuropteren ist sehr unregelmäßig. Ihr Vorkommen ist nicht an ganze Familien gebunden, sondern es sind fast immer nur einige Vertreter derselben mit Stirnaugen ausgestattet, während sie den andern abgehen. Wenn sie vorhanden sind, finden sie sich stets in der Dreizahl. Die Trichopteren mit der einzigen Familie der Phryganeiden besitzen in ihrer großen Mehrzahl Stirnaugen. Von den bei uns häufigsten Vertretern der Megalopteren sind *Osmylus*, *Rhaphidia*, *Panorpa* und *Bittacus* mit Stirnaugen versehen, während sie bei *Myrmeleon*, *Ascalaphus*, *Chrysopa perla*, *Sialis*, *Inocellia* und *Boreus* fehlen.

1. *Neuronia ruficus* SCOP.

GRENACHER hat den Bau der Ocelle von *Phryganea maxima* beschrieben. Im Unterschied von den Ocellen der übrigen Insecten konnte er bei diesen keine Rhabdome auffinden. HESSE untersuchte eine Art der Gattung *Anabolia* und stellte bei dieser, ebenso wie bei *Phryganea maxima*, fest, daß Rhabdome in der Retina der Ocelle vorhanden sind. Diese liegen an den basalen Berührungsflächen der Sehzellen proximal von den Kernen, so daß sie GRENACHER bei dieser ungewöhnlichen Lagerung wohl entgangen sind. Zwischen der corneagenen Zellenlage und der Retina konnte HESSE eine weitere Zellschicht feststellen, die GRENACHER ebenfalls nicht erwähnt hat. Obwohl ich mit diesen Befunden vollkommen übereinstimme und nur in der Deutung dieser besondern Schicht auf Grund entwicklungs-geschichtlicher Untersuchungen von HESSE abweiche, so werde ich trotzdem im folgenden eine kurze Schilderung der Ocelle der von mir untersuchten Art geben, da ich bei dieser die Entwicklung beschreiben werde, so daß eine genaue Kenntnis des Baues bei der Imago erforderlich ist. Die geringen Unterschiede, die sich den Befunden HESSE's gegenüber ergeben, sind auf Verschiedenheiten, wie sie bei den einzelnen Arten in der Regel sich finden, zurückzuführen.

Die Ocelle von *Neuronia* sind am Kopf als rundliche Vorwölbungen der Cuticula mit heller Außenseite leicht erkennbar. Der Medianocellus liegt in der Mitte zwischen den beiden Antennen-

wurzeln. Sein Sehfeld ist nach vorn und abwärts gerichtet. Die beiden seitlichen sind ziemlich weit voneinander entfernt und liegen etwa in der Mitte zwischen der Antennenbasis und dem hintern Rand des Kopfes. Sie sind scharf nach den Seiten gerichtet (Textfig. A). Dieser Anordnung der Ocelle am Kopf muß man eine große Bedeutung beilegen, wenn man sie für wichtige Orientierungsmittel hält; denn ihre Längsachsen liegen in drei aufeinander senkrecht stehenden Ebenen und stellen die Hauptrichtungen vor, in denen eine Bewegung des Tieres stattfinden kann.

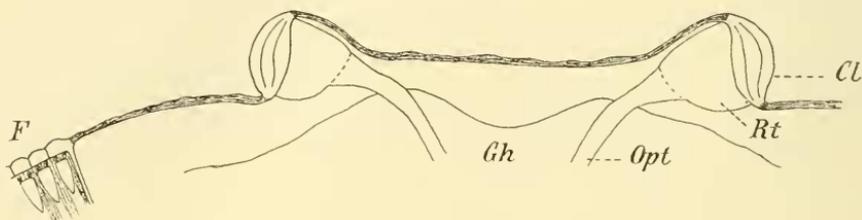


Fig. A.

Neuronia ruficornis. Frontalschnitt durch die Lateralocelle.
Cl Cornealinse. Rt Retina. Opt Sehnerv. Gh Gehirn. F Facettenauge.

Auf einem Sagittalschnitt durch den Kopf von *Neuronia* zeigt sich, daß die Längsachse des mittlern Ocellus der Stirn nahezu parallel läuft (Fig. 1). Die Cornea ist nach außenhin regelmäßig gerundet, nach innen zu fast eben abgeschnitten, so daß sie eine schwache linsenförmige Verdickung aufweist. Seitlich geht sie in die allgemeine Cuticula über, die in ihrer ganzen Ausdehnung dunkel pigmentiert ist und so den seitlichen Lichtschutz übernimmt. Unter der Cornea liegt die corneogene Schicht, die aus kleinen, kubischen, stark färbbaren Zellen besteht. Sie setzt sich zu beiden Seiten in die niedrige Hypodermis fort.

Die Retina wird von zahlreichen, langen Sehzellen gebildet. In ihrem distalen, wenig verdickten Teil sind die rundlichen Kerne, während die Rhabdome an den basalen Berührungsflächen der Sehzellen liegen. Die letztern sind lang und leicht erkennbar. Die von den Sehzellen abgehenden Nervenfasern schließen sich nach dem Durchtritt durch die Basalmembran, die man am Grund des Ocellus stets deutlich verfolgen kann, zu dem Sehnerven zusammen. Dieser verläuft in ziemlicher Ausdehnung eine Strecke weit zwischen der Hypodermis und dem Gehirn, der Cuticula nahezu parallel, um dann nach der Rostralseite umzubiegen und mit dem Gehirn sich zu ver-

einigen. In seine Anfangsteile sind zahlreiche kleine Kerne eingestreut, die wohl Stützzellen angehören. Pigment konnte ich weder in der Retina noch in dem Sehnerven beobachten.

Zwischen der corneagenen Schicht und der Retina lenken noch einige kleine Kerne die Aufmerksamkeit auf sich. Sie liegen zwischen beiden Schichten in einer zarten Membran, die teilweise so dünn ist, daß man sie nur schwer erkennen kann. Diese Membran wurde erstmals von REDIKORZEW bei Dipteren und dann von HESSE ebenfalls bei Dipteren und Phryganeiden gefunden. REDIKORZEW nennt sie „die präretinale Membran“. Da sie jedoch, wie aus dem Studium ihrer Entwicklungsgeschichte hervorgeht, bindegewebigen Ursprungs ist, scheint mir diese Bezeichnung nicht angebracht, da sie schon bei den Spinnenaugen für eine Schicht, die sich aus der Hypodermis infolge einer Faltenbildung herleitet, gebraucht wird. Ich werde sie daher als „Zwischenmembran“ bezeichnen. Den doppelten Kontur, den REDIKORZEW und HESSE mehrfach erwähnt haben, darf man nicht auf eine Zweischichtigkeit der Membran zurückführen; er ist vielmehr dadurch zu erklären, daß sie in frühen Entwicklungsstadien eine teilweise verzweigte Bindegewebseinwucherung darstellt, die erst bei den Imagines auf eine schmale, mehr oder weniger einheitlich aussehende Membran zusammengepreßt wird.

Die seitlichen Ocelle, deren Lage aus der Textfig. A hervorgeht, stimmen in ihrem Bau und in der Größe mit dem mittlern vollkommen überein. Die Sehnerven verlaufen von der Basis des Ocellus schief nach innen und dringen tief in das Gehirn ein, um sich dort aufzulösen.

2. Die Entwicklung der Stirnaugen von *Neuronia ruficus*. Um entwicklungsgeschichtliches Material von Neuropteren zu erhalten, hatte ich vorigen Sommer versucht, eine Zucht von *Panorpa* anzulegen, die jedoch mißlang. Von *Rhaphidia* und *Osmylus* ist die für entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen nötige Anzahl von Larven oder Puppen wegen des beschränkten Vorkommens dieser Tiere nicht leicht zu beschaffen. Daher machte ich dieses Frühjahr Versuche mit der Züchtung von Phryganeiden-Larven, die noch am meisten Aussicht auf Erfolg boten, da sie in Teichen mitunter in großer Menge vorkommen und, wenn sie in stehenden Gewässern gefangen werden, auch im Aquarium leicht zu halten sind.

In einem kleinen Tümpel in der Nähe Tübingens sammelte ich im März und April eine größere Anzahl von Larven, die der Gattung

Neuronia angehören. Sie wurden in verschiedene Aquarien verteilt, die teils mit *Vallisneria spiralis*, teils mit *Elodea canadensis* und *Myriophyllum* dicht bestanden waren. Die Tiere hielten sich, insbesondere in den mit *Vallisneria* bepflanzten Aquarien sehr gut; ihre Nahrung bestand wohl in pflanzlichen Resten des Bodensatzes und in frischen Blättern von *Vallisneria*, die sehr häufig angebissen und auch zum Gehäusebau verwendet wurden. Wenn die Tiere zur Verpuppung schreiten, vergrößern sie ihre Gehäuse bedeutend, um sich den nötigen Raum und Schutz zu verschaffen. Diese werden entweder in den Aquariensand und an den Wasserpflanzen oder, was für die Beobachtung günstiger ist, an der Aquarienwand festgeheftet. Die Larve schwillt stark an und sprengt nach 4—8 Tagen, während deren sie in ihrem Gehäuse liegt und nur Atembewegungen macht, die Larvenhaut. Dann dauert das Puppenstadium noch 12 Tage, bis die Imago auskriecht. Da die Züchtung auf diese Weise leicht gelang, konnte ich Puppen in jedem gewünschten Altersstadium konservieren.

Ein Medianschnitt durch die Anlage des Ocellus, wie man sie bei einer ganz jungen Puppe findet, ist in Fig. 2 abgebildet. Sie besteht in einer mächtigen Anschwellung der Hypodermis, über die die Cuticula der Puppe in ihrer gewöhnlichen Dicke wegzieht. Die Verdickung beruht auf einer starken Verlängerung der einzelnen Hypodermiszellen. In der Mitte der Anlage gewahrt man eine tiefe centrale Einsenkung, die sich auch in der Cuticula als kleiner, nach innen vorspringender Höcker bemerkbar macht. Wie man aus der Vergleichung der einzelnen Schnitte schließen kann, ist sie nicht spaltenförmig, sondern hat eine rundliche Form und nur eine geringe Ausdehnung. Die Anlage in diesem Stadium erinnert an das Aussehen der Larvenocelle bei Wasserkäfern; doch ist sie von diesen dadurch wesentlich unterschieden, daß hier nicht der Grund der Einsenkung sich zu Sinneszellen differenziert. Es scheint vielmehr dieser Bildung keine große Bedeutung zuzukommen; denn die Einsenkung verschwindet bald dadurch, daß die Ränder innig miteinander verwachsen, und bei wenig ältern Puppen ist von ihr nichts mehr zu erkennen. Die Sehzellen kann man in diesem Stadium schon deutlich von den Hypodermiszellen unterscheiden. Sie liegen, allerdings noch in geringer Anzahl, zwischen diesen und fallen durch die rundliche Form ihrer Kerne und ihre stärkere Färbbarkeit ohne weiteres in die Augen. Sie treten zwischen den Hypodermiszellen oder, wie man sie jetzt schon heißen kann, zwischen den Corneagen-

zellen aus und wandern dann der Basis der Anlage zu. Sie entstehen nicht nur zwischen den Zellen, die an der Einsenkung beteiligt sind, sondern auch zwischen den nebenliegenden. Der Sehnerv ist ebenfalls schon angelegt. Er geht von der Anlage in ziemlicher Ausdehnung zum Gehirn. In seinen ganzen Verlauf sind zahlreiche kleine, wenig längliche Kerne eingestreut. Den Durchtritt der Nervenfasern durch die Basalmembran konnte ich auf diesem Stadium nur andeutungsweise beobachten.

Auf einem Schnitt durch die Anlage einer wenig ältern Puppe ist, wie eben erwähnt wurde, von der zentralen Einsenkung nichts mehr zu erkennen. Die Puppenhaut geht über die Anlage weg; von der definitiven Cuticula ist noch keine Spur vorhanden. Die Anlage selbst hat sich noch mehr verdickt. Die Kerne der Corneazellen sind zahlreich und länglich. Sie liegen in dem distalen Teil der Zellen, die von oben bis zur Basalmembran durchreichen. Zwischen diesen Zellen sind jetzt die Sehzellkerne sehr zahlreich vorhanden. Sie liegen teils unmittelbar unter den Corneazellkernen, teils in der Mitte der Zellen oder schon mehr der Basis genähert. Die Sehzellen liegen in der Regel in Gruppen zwischen den Corneazellen; daher findet man, je nachdem der Schnitt eine Gruppe trifft, 2—4 Sehzellen beisammen. In den an die Anlage angrenzenden Hypodermiszellen liegen die Kerne in dem distalen verdickten Teil, wie es in Fig. 2 schon angedeutet ist, während die proximalen Enden dieser Zellen stark verschmälert sind und sich zu beiden Seiten schief nach dem Grund der Ocellanlage hinziehen. Weiter nach den Seiten zu gehen sie in die allgemeine niedrige Hypodermis über. Der Sehnerv hat sich wenig verbreitert. Den Durchtritt einzelner Nervenfasern durch die Basalmembran kann man jetzt leicht verfolgen.

Ein weiteres Stadium, bei dem die Differenzierung in die corneogene Schicht und die Retina schon viel mehr in die Augen fällt, ist in Fig. 3 abgebildet. Die Puppenhaut, die von der Anlage jetzt ziemlich weit absteht, ist in der Zeichnung weggelassen. Von der Cuticula, die für die Imago bestimmt ist, kann man noch nichts erkennen; trotzdem weisen die Corneazellen schon jetzt die charakteristische Wölbung auf, in der die Cornea später den Ocellus überzieht. Die corneogene Schicht besteht in der Mitte der Anlage aus hohen, wenig färbbaren Zellen mit deutlichen Grenzen und distal gelagerten Kernen. Nach den Seiten zu wird sie niedriger, um in die allgemeine Hypodermis überzugehen. Der Austritt der

Sehzellen aus der corneagenen Schicht ist auf diesem Stadium ganz besonders deutlich. Auf beiden Seiten haben sich die Corneagenzellen gegen die Sehzellen schon abgegrenzt, in der Mitte stecken dagegen noch zahlreiche Sehzellen zwischen den basalen Enden der Corneagenzellen. Sobald sich diese in ihrer Gesamtheit am Grund der Anlage gesammelt haben, ist die Differenzierung in die corneagene und Sehzellenschicht vollzogen. Von Rhabdomen konnte ich auf diesem Stadium noch nichts wahrnehmen.

In Fig. 4 ist ein Medianschnitt durch die Anlage einer ca. 8 Tage alten Puppe dargestellt. Die für die Imago angelegte Cuticula überzieht den gesamten Kopf als dünner Belag. Die äußere Begrenzung der Hypodermis- und Corneagenzellen entspricht in ihrer Form fast ganz dem Aussehen bei der Imago. Die hohen Corneagenzellen werden allmählich bis auf eine schmale Lage bei der Bildung der Cornea aufgebraucht. Die Sehzellen ordnen sich regelmäßig nebeneinander an und werden stark in die Länge gezogen. Ihre Kerne liegen distalwärts, während an ihren proximalen Berührungsfächen die Rhabdome deutlich sichtbar werden. Zwischen der corneagenen Schicht und der Retina tritt ferner die bindegewebige Zwischenschicht auf, deren Einwanderung man von beiden Seiten her verfolgen kann. Sie ist dünn und wenig verzweigt. Die in sie eingelagerten Kerne sind klein und nicht zahlreich. Da bei der Imago die Retina sehr dicht an die corneagene Schicht herantritt, ist diese zarte Membran nicht immer leicht zu sehen, während ihre Kerne stets deutlich hervortreten. Mit der vollständigen Ausbildung der Cornea wird dann der bei der Imago schon geschilderte Bau des Ocellus erreicht.

3. *Osmylus chrysops* L.

Die Ocelle von *Osmylus* liegen auf der Mitte der Stirn oberhalb der Antennenwurzeln nahe beisammen. Sie bilden kleine, dunkelgefärbte Hervorwölbungen der Cuticula und sind dabei so angeordnet, daß der mittlere nach vorn und abwärts, die beiden seitlichen dagegen schief nach den Seiten gerichtet sind. Der mittlere ist wenig kleiner als die beiden seitlichen. In Fig. 5 ist ein Frontalschnitt durch einen Lateralocellus abgebildet. Es soll daher auch dieser der Schilderung des Baues zugrunde gelegt werden.

Bei der Betrachtung eines Schnittes durch den Ocellus wird man durch die auffallende Tatsache überrascht, daß die Cornea über demselben facettiert ist (Fig. 5). Zu beiden Seiten des facettierten

Teiles bleibt die Cornea noch eine kleine Strecke weit durchsichtig; um dann in gleicher Dicke in die allgemeine Cuticula überzugehen, die besonders auf der vorderen Seite dunkel pigmentiert ist, um durch Abhaltung des von vorn kommenden Lichts nur seitlich einfallenden Strahlen den Zutritt zu der Retina zu ermöglichen. Zu demselben Zweck ist auch die Hypodermis in ihrer ganzen Ausdehnung zwischen den beiden Ocellen dunkel pigmentiert. Eine bestimmte Anordnung der Corneagen- oder der Sehzellen in bezug auf die einzelnen Facetten konnte ich nicht erkennen.

Die corneagene Schicht liegt der Cornea als dünner Belag dicht an. Sie ist noch zarter als die angrenzende Hypodermis. Die Retina hat die Form einer dicken rundlichen Keule, deren Stiel von dem Sehnerven gebildet wird. Die zahlreichen Sehzellen sind langgestreckt; gegen die Basis zu verzüngen sie sich allmählich. In ihrem verdickten, distalen Teil liegen die großen, ovoiden Kerne, deren Chromatin stets in einem dichten Haufen angesammelt ist, während der übrige Teil des Kernes fast keine färbare Substanz enthält. An der proximalen Berührungsfläche der Sehzellen liegen die Rhabdome. Sie sind mäßig lang. Am Grund des Ocellus gehen die Sehzellen in die Nervenfasern über, die sich in den Sehnerven, in dessen Anfangsteile ein sehr feinkörniges Pigment eingelagert ist, fortsetzen. Die Sehnerven der beiden Lateralocelle ziehen nahe beisammen in geradem Verlauf zum Gehirn, in das sie tief eindringen, ohne daß eine Durchkreuzung ihrer Fasern stattfindet.

Zwischen der Retina und der corneagenen Schicht kann man die kleinen, tangential angeordneten Kerne der bindegewebigen Zwischenschicht leicht wahrnehmen, während die zugehörigen Zellkörper infolge ihrer außerordentlichen Zartheit von dem anliegenden Gewebe sich nicht abtrennen lassen. Der gesamte Ocellus, ebenso wie der Sehnerv in seinem ganzen Verlauf bis zum Gehirn, sind von dem dichten Fettkörper, der sich aus großen, mit krümeligem oder vacuolisiertem Inhalt versehenen Zellen zusammensetzt, umgeben.

4. *Rhaphidia ophidiopsis* SCHUM.

Infolge der außerordentlich langen Ausbildung des Kopfabschnitts trägt dieses Tier die Stirn horizontal. Etwas vor der Mitte zwischen den Antennenwurzeln und dem hintern Rand des Kopfes liegen die 3 Ocelle. Sie sind auf der sonst glatten Stirne als kleine, glänzende Höckerchen mit bloßem Auge eben noch wahrnehmbar. Wie bei

Osmylus steht auch hier der mittlere Ocellus in seiner Größe den seitlichen nach, während er in seinem Aufbau von diesen nicht abweicht.

Aus einem Frontalschnitt durch einen Lateralocellus (Fig. 6) geht hervor, daß die paarigen Ocelle, wie bei den bisher geschilderten Formen, nach den Seiten gerichtet sind. Die Cornea ist über dem Ocellus wenig verdickt. Auf ihrer Außenseite ist sie regelmäßig gerundet. Seitlich geht sie in die angrenzende Cuticula über, die zu beiden Seiten in ihrer halben Dicke dunkel pigmentiert ist und dadurch das schwarze Aussehen des Kopfes bedingt. Die Corneazellen sind zahlreich und verschieden lang. Während sie auf der Innenseite eine niedrige Lage bilden, sind sie an der Außenseite stark verlängert und reichen hier bis an den Grund des Ocellus, indem sie sich der Krümmung seiner Oberfläche anpassen. In diese Zellen ist in der Regel wenig Pigment eingelagert, um seitliches Licht von den Sehzellen fernzuhalten.

Die Retina besteht aus zahlreichen Sehzellen, deren große, rundliche Kerne in dem distalen Teil der Zellen liegen. Die Rhabdome finden sich in dem proximalen Teil der Retina und sind leicht zu erkennen. Die Nervenfasern durchsetzen die Basalmembran, die immer deutlich erhalten bleibt, und gehen in den breiten Sehnerven über, der fast unmittelbar an dem Ocellus ventralwärts umbiegt, um in das Gehirn einzutreten. In dem basalen Teil der Retina, wie auch in dem Sehnerven findet man ein dichtes, feinkörniges Pigment, das in dem Sehnerven in Längsstreifen angeordnet ist. Von der Zwischenmembran sind nur noch die kleinen Kerne wahrnehmbar, da die Retina der corneagenen Schicht dicht anliegt.

Der mittlere Ocellus ist wenig kleiner und schlanker als die beiden seitlichen. Der Sehnerv verläuft eine Strecke weit zwischen der Cuticula und dem Gehirn und tritt dann nach einer scharfen Biegung in das letztere ein.

5. *Panorpa communis* L.

Die Stirn Augen von *Panorpa* fallen bei der Betrachtung des Kopfes als kleine, helle Punkte, die sich wenig über ihre Umgebung erheben, in die Augen. Sie liegen in den Ecken eines Dreiecks von geringer Seitenlänge und sind alle drei nahezu gleich groß.

Ein Sagittalschnitt durch den Medianocellus ist in Fig. 7 dargestellt. Die Cornea ist nach außen wohl gerundet und springt nach innen zapfenartig vor, so daß eine bikonvexe Linse zustande kommt.

Diese ist jedoch nicht bei allen Individuen in der Weise ausgebildet wie bei dem in Fig. 7 gezeichneten, sondern man findet mitunter auch die Verdickung nach innen zu schwächer, so daß die Linse weniger dick erscheint. Die an sie angrenzende Cuticula ist auf ihrer Außenseite in beträchtlicher Dicke dunkel pigmentiert. Die Linse wird von der corneagenen Schicht abgeschieden. Diese besteht aus niedrigen, nahezu kubischen Zellen, die sich intensiv färben. Die an die Corneazellen angrenzenden Hypodermiszellen sind eine Strecke weit mit Pigment angefüllt. Sie dienen im Verein mit der Pigmentierung der Cuticula zur Abhaltung seitlich einfallender Lichtstrahlen. Auf der Rostralseite des Ocellus findet man diese irisartige Pigmentierung besonders auffallend ausgebildet. Hier sind die Hypodermiszellen eine Strecke weit ansehnlich verlängert; der auf diese Weise zustande kommende Wulst biegt gegen die Retina um; er ist in seiner ganzen Ausdehnung dunkel pigmentiert und stellt so einen wirksamen Lichtschutz vor.

Die Retina liegt eine Strecke weit von der corneagenen Zellschicht ab, so daß zwischen beiden eine Lücke entsteht. Sie setzt sich aus zahlreichen, schlanken Sehzellen zusammen. Diese sind in ihrer ganzen Länge nahezu gleich dick und verjüngen sich erst an ihrer Basis, um in die Nervenfasern überzugehen. Die Kerne sind klein und liegen in den basalen Teilen der Sehzellen. Die Rhabdome treten als scharf markierte, kurze Linien deutlich hervor. Sie liegen an den distalen Berührungsflächen zweier Zellen und werden, wie ein Querschnitt durch die Retina dartut (Fig. 8), stets von 2 Sehzellen gebildet. Die Oberfläche der Retina ist, der innern Begrenzung der Linse ungefähr entsprechend, ebenfalls nach innen zu eingebuchtet. In die Sehzellen selbst ist ein dunkel rotbraunes Pigment eingelagert. In der Region der Rhabdome fehlt es vollständig; dann wird es rasch sehr dicht, um gegen die Basis hin sich allmählich wieder zu verlieren. Auf einem Querschnitt durch die Sehzellen zeigt es sich, daß das Pigment nur in den randlichen Teilen der Sehzellen aufgespeichert ist. Es steckt also in der Form von Röhren in den Sehzellen; daher scheint es auch auf dem Längsschnitt an den Zellgrenzen dichter zu liegen, da man dort auf die Seiten der Röhren von oben sieht.

Zwischen der Retina und den Corneazellen liegt die bindegewebige Zwischenschicht, die bei dieser Art ausnahmsweise deutlich zum Vorschein kommt. Sie stellt eine anscheinend einheitliche Membran vor, die sich aus wenigen Zellen zusammensetzt, da nur

spärlich Kerne vorhanden sind. Nach der Retina zu entsendet sie feinste Fortsätze, die man bis an die Köpfcchen der Sehzellen hin verfolgen kann. Zu beiden Seiten biegt sie gegen den Rand der Retina um und geht in die den Ocellus umhüllende Membran über, ohne daß man ihren weitem Verlauf mit Sicherheit feststellen kann.

Die Nervenfasern gehen nach dem Durchtritt durch die Basalmembran in den dicken, einheitlichen Sehnerven über, in den eine größere Anzahl kleiner Kerne eingestreut ist. Da der Ocellus dem Gehirn unmittelbar aufsitzt, nimmt der Sehnerv seinen Verlauf in diesem noch eine Strecke weit und löst sich nach einer leichten rostralen Biegung in dem allgemeinen Fasergewirr auf.

Die seitlichen Ocelle stimmen in ihrem Bau mit dem mittlern vollkommen überein. Die Linse ist auf der Innenseite nahezu eben abgeschnitten; daher fehlt auch die Einbuchtung der Retina, wie sie beim mittlern Ocellus geschildert worden ist. Der Verlauf der

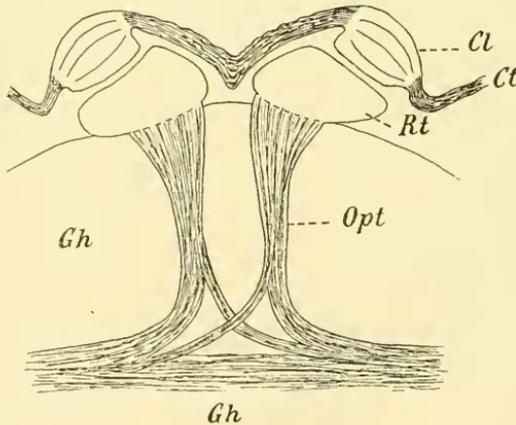


Fig. B.

Panorpa communis. Lateralocelle. Frontalschnitt.

Cl Corneallinse. Ct Cuticula. Rt Retina. Opt Sehnerv mit teilweiser Durchkreuzung der Fasern. Gh Gehirn.

Sehnerven der beiden Ocelle mag noch kurz erwähnt werden. Obwohl sie, wie der mittlere, dem Gehirn dicht aufsitzen, so lassen sich doch ihre Sehnerven als geschlossene Faserzüge zwischen den Ganglienzellen leicht verfolgen. Beide verlaufen nahezu parallel dem Zentrum des Gehirns zu. Eine kleine Strecke, bevor sie nach den Seiten ausbiegen, sieht man von jedem Sehnerven auf der Innenseite ein einheitliches Nervenfaserbündel nach der andern Seite

übertreten, so daß eine partielle Kreuzung der Nervenfasern, wie sie in Textfig. B dargestellt ist, stattfindet. Dann gehen die Faserzüge nach beiden Seiten auseinander, um sich mit dem Gehirn zu vereinigen.

Eine Vergleichung der Neuropterenocelle untereinander führt zu dem Ergebnis, daß ihr Bau bei den Trichopteren und Planipenniern in hohem Maße übereinstimmt, wenn man die Panorpiden als besondere Gruppe abtrennt. Gemeinsam ist diesen die geringe Verdickung der Cornea zu Cornealinsen. Bei vielen Phryganeiden ebenso wie bei *Osmylus* und *Rhaphidia* ist die Cornea über dem Ocellus entweder gar nicht oder nur wenig verdickt, so daß es in der Regel nicht zu der Ausbildung einer Cornealinse kommt, wie sie bei *Neuronia* vorhanden ist. Dagegen ist die Cornea an ihrer Außenseite stets mächtig vorgewölbt. Diese Krümmung ist deshalb von besonderer Bedeutung, weil dadurch die Lichtstrahlen, die an dieser Stelle von der Luft in das Chitin, also von einem dünnern in ein dichteres Medium übergehen, stark gebrochen werden. Durch diese strahlensammelnde Wirkung der Cornea bzw. Cornealinse wird die Lichtstärke des Ocellus bedeutend erhöht. In welchem Maß diese Ocelle zu einer Bildwahrnehmung befähigt sind, ist schwer zu entscheiden. Sie dürften, wie schon HESSE bei der Schilderung der Ocelle von *Anabolia* ausgesprochen hat, vornehmlich als Richtungsaugen anzusehen sein, wofür auch die große Ausdehnung des Ocellus in seiner Längsachse und die oben schon erwähnte Anordnung der einzelnen Sehfelder spricht. Ein weiteres gemeinsames Merkmal dieser Gruppe ist die nach außen divergente Anordnung der Sehzellen, die durch ihre Form bedingt ist, ferner das überaus spärliche Vorkommen von Pigment in dem Bereich der Retina.

Von diesem Typus der Stirnaugen entfernen sich die von *Panorpa* nicht unbeträchtlich. Bei dieser Art ist eine gut ausgebildete Cornealinse vorhanden. Die Sehzellen weisen eine nach außen konvergente Anordnung auf, da sie in ihren basalen Teilen, wo die Kerne sich befinden, wenig verdickt sind. Die Rhabdome liegen in dem distalen Teil der Zellen. Weiter ist zur Isolierung der einzelnen Elemente Pigment in die Sehzellen eingelagert. Aus allen diesen Eigenschaften darf man, ohne voreilig zu sein, den Schluß ziehen, daß die Ocelle der Panorpiden weit leistungsfähigere Organe sind als die der übrigen Neuropteren.

Was die Entwicklung der Neuropterenocelle anlangt, so habe

ich bei *Neuronia* festgestellt, daß die Sehzellen durch Auswanderung von Zellen bzw. Zellengruppen aus der Hypodermis ihre Entstehung nehmen, ferner, daß die Zwischenschicht nicht auf Faltungen der Hypodermis zurückzuführen ist, sondern eine bindegewebige Einwucherung vorstellt. Meiner Ansicht nach kann man diese Befunde ohne Bedenken auf die gesamten Neuropterenocelle ausdehnen, zumal da sie auch bei der Entwicklung der Lepidopterenocelle ihre Bestätigung finden.

II. Lepidopteren.

Die Stirnagen der Schmetterlinge sind, wie die der Neuropteren, in ihrem Vorkommen einem großen Wechsel unterworfen. Doch gibt es hier große Gruppen, denen sie vollkommen fehlen, und wieder andere, von denen sämtliche Vertreter mit Stirnagen ausgestattet sind, während nur bei dem kleineren Teil die einen Arten solche besitzen, die andern dagegen nicht. Nach den Angaben KOLBE'S fehlen die Stirnagen den Rhopaloceren mit Ausnahme von einigen Arten der zu den Hesperiden gehörigen Gattung *Lerema* (SCUDDER, The butterflies of the Eastern United States and Canada 1888—1889, p. 37), bei denen ein einzelner auf der Mitte der Stirn sich findender Ocellus vorkommen soll. Jedenfalls bedarf diese Angabe noch einer genauern Nachprüfung. Ferner fehlen die Ocelle ausnahmslos den Sphingiden und Geometriden. Vorhanden sind sie stets bei den Euprepiiden, Lithosiiden, Noctuiden und Tortriciden. Wechselnd in ihrem Vorkommen je nach den einzelnen Arten sind sie bei den Xylotrophen, Bombyciden, Zygaeniden, Pyraliden, Tineiden und Pterophoriden.

Von den mit Ocellen versehenen Schmetterlingen standen mir mehrere Arten zur Verfügung. Sie verteilen sich auf folgende Familien:

1. Fam. *Xylotropha*.

Sesia spheceiformis ESP.

2. Fam. *Zygaenidae*.

Zygaena sp.

3. Fam. *Arctiidae*.

Callimorpha dominula L.

Arctia caja L.

Phragmatobia fuliginosa STPH.

4. Fam. *Noctuidae*.*Craniophora ligustri* FABR.*Mamestra persicariae* L.*Catocala flavini* L.*Catocala sponsa* L.

Die Stirnaugen der Schmetterlinge kommen stets nur in der Zweifzahl vor; allerdings soll die Gattung *Lerema*, wenn die oben erwähnte Angabe sich bestätigt, nur ein Stirnauge besitzen, was jedoch als Ausnahme zu betrachten ist, da nur bei den Dermestiden (Coleopteren) ein einziger Ocellus auf der Mitte der Stirn bekannt geworden ist. Die Ocelle sind am Kopf der Schmetterlinge in der Regel nicht leicht zu erkennen; sie sind bei vielen Arten ganz von breiten Schuppenhaaren umhüllt, so daß es nötig wird, diese zuerst abzubürsten, um sich über ihre Lage zu orientieren. Die Schuppen bedecken jedoch die Ocelle nicht vollständig; sie sind vielmehr so angeordnet, daß über dem obern Rand des Facettenauges eine spaltförmige, nach außen sich erweiternde Öffnung entsteht, so daß der Ocellus in seiner Funktion nicht gestört wird. Es ist daher dem geübten Beobachter möglich, bei geeigneter Drehung des Kopfes die Ocelle auch ohne die Entfernung der Schuppen wahrzunehmen. Bei allen von mir untersuchten Arten liegen die beiden Stirnaugen wenig caudad von den Antennen und meist sehr nahe an dem obern Rand der Facettenaugen (Textfig. C). Sie heben sich als winzige, dunkel umrandete Höckerchen mit einem glänzenden Punkt in der Mitte von ihrer Umgebung deutlich ab, wenn diese, wie z. B. bei den Eulen nicht dunkel pigmentiert ist, sondern eine gelbliche Farbe hat. Ist die Stirn dagegen schwarz, wie bei den Sesien und Zygaeniden, so sind die Ocellen nur schwer an dem Glanz der Linse zu erkennen. Im Vergleich mit den Facettenaugen haben die Stirnaugen stets nur eine außerordentlich geringe Größe.

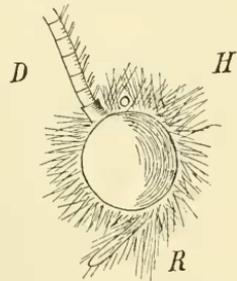


Fig. C.

Arctia caja. Kopf von der Seite. Facetten- und Stirnauge.

D dorsal. R rostral.
H hinten.

1. *Sesia spheciformis* Esp.

Die Stirnaugen der Sesien liegen als kleine, glänzende Höckerchen hinter den Antennenwurzeln. Ihr Sehfeld ist schief nach außen

und oben gerichtet. Die Linse ist sehr stark entwickelt (Fig. 9). Sie springt nach außen und innen nahezu gleichweit vor; nur ist sie auf der Innenseite mehr in die Breite gezogen. Seitlich geht sie in die dunkel pigmentierte Cuticula über, die auf der Lateral-seite des Ocellus in einen langen, pigmentierten Fortsatz ausgezogen ist. Die corneogene Schicht besteht aus niedrigen Zellen und setzt sich seitlich in die äußerst zarte Hypodermis fort. Unter den Corneagenzellen liegt die bindegewebige Zwischenmembran, die an manchen Stellen deutlich hervortritt, während an andern nur ihre Kerne sichtbar werden.

Die Retina setzt sich aus einer großen Zahl regelmäßig nebeneinander angeordneter Sehzellen zusammen. Ihre Form ist länglich prismatisch. Ihre Kerne sind nicht groß und liegen teils proximad, teils distad in den Zellen. Die Rhabdome sind kurz und finden sich an der distalen Berührungsfläche zweier Sehzellen. Sie sind im Vergleich mit den Rhabdomen in den Stirn- und Seitenaugen der übrigen Insecten nicht sehr deutlich. An ihrer Bildung sind, wie ein Querschnitt dartut, stets 2 Zellen beteiligt. Die Sehzellen verzüngen sich bei dem Durchtritt durch die Basalmembran, die sich stets deutlich am Grund des Ocellus verfolgen läßt, nur wenig. In ihren basalen Teilen weisen sie eine fibrilläre Struktur auf, die wohl auf die Anwesenheit von Neurofibrillen zurückzuführen ist; diese setzen sich in gleicher Weise auf die Nervenfasern fort. Da die letztern nahezu den gleichen Umfang wie die Sehzellen haben, so hat der Sehnerv anfänglich dieselbe Ausdehnung wie der Ocellus, zumal in seinem Anfangsteil noch reichlich Zwischengewebe sich findet. In den Sehzellen kommt kein Pigment vor; dagegen findet man an der Basis des Ocellus und insbesondere in dem obern Teil des Sehnerven ein dunkles, feinkörniges Pigment in dichten Massen. Gegen Lösungsmittel ist es wenig widerstandsfähig. Nach seiner Entfernung erkennt man als seine gewebliche Grundlage nicht etwa die Nervenfasern, sondern eine große Anzahl kleiner Zellen, deren Kerne teils zwischen den Enden der Sehzellen liegen teils zwischen den Nervenfasern; bei den letztern, wo sie besonders reichlich sind, tritt eine Längsanordnung dieser Kerne andeutungsweise zutage. Der Teil des Sehnerven, in dem dieses Pigment sich findet, entspricht in seiner Ausdehnung etwa der Retina. Dann werden die einzelnen Nervenfasern, die sich bis hierher leicht verfolgen lassen, undeutlich, und die Stützzellen sind nur noch in geringer Zahl vorhanden. Die Sehnerven der beiden Ocelle ziehen in gestrecktem Verlauf schief

nach innen und gehen nicht weit voneinander entfernt in das Gehirn über. An ihrer Eintrittsstelle ist eine Menge großer Ganglienzellen angehäuft.

2. *Zygaena* sp.

Die Stirnaugen von *Zygaena* sind verhältnismäßig groß, so daß man sie schon mit der Lupe hinter den Antennen als hellglänzende Punkte erkennen kann. Sie liegen an den Seiten eines breiten Wulstes der Stirne hinter den Antennenwurzeln, so daß ihr Sehfeld fast genau nach den Seiten gerichtet ist.

In Fig. 10 ist ein Frontalschnitt durch einen Ocellus abgebildet. Dieser ist mit einer außerordentlich mächtigen, cuticularen Linse, die nach außen und innen etwa gleich stark vorspringt, ausgestattet. Die an die Linse anstoßende Cuticula ist in ihrer ganzen Dicke dunkel pigmentiert. Sie entsendet, insbesondere auf der Dorsalseite, lange Fortsätze nach innen, die seitlich einfallende Lichtstrahlen von der Retina fernhalten. Die Linse wird von der ihr dicht anliegenden corneagenen Schicht abgeschieden, die eine dünne Lage niedriger Zellen darstellt und seitlich in die allgemeine, ebenfalls sehr zarte Hypodermis übergeht. Unter den Corneagenzellen liegt die Zwischenmembran mit zahlreichen kleinen Kernen. Sie tritt als feines Häutchen vielfach deutlich hervor, insbesondere wenn die Corneagenzellen auf dem Schnitt sich ein wenig verschoben haben.

Zwischen dieser Schicht und der Retina ist noch eine weitere Zellenlage vorhanden, die ich sonst in keinem Stirnauge der Schmetterlinge und auch der übrigen Insecten wiederfinden konnte. Sie besteht aus mäßig hohen, nahezu kubischen Zellen, die sich nur wenig färben, so daß sie sich mit aller Deutlichkeit von den Sehzellen unterscheiden lassen. Ihre Kerne liegen in der Mitte der Zellen und enthalten im Unterschied von den Sehzellkernen viel weniger färbbare Substanz. Was diese Zellschicht für eine Bedeutung hat, ist nicht leicht zu entscheiden. Die Vermutung, daß sie eingeschoben ist, um die recipierenden Elemente in die nötige Entfernung von der Linse zu bringen, erklärt nur wenig; denn dies könnte auf einfachere Weise ebensogut erreicht werden. Über die Herkunft dieser Schicht kann ich keine sichern Angaben machen, da meine Bemühungen, Raupen von *Zygaena* zu erhalten, erfolglos waren. Doch scheint es sehr wahrscheinlich, daß sie nicht, wie die Zwischenmembran, bindegewebigen Ursprungs ist, sondern sich von der Hypodermis herleitet, etwa wie die distale Sehzellenlage bei den

Libellen. Bei *Zygaena* sind jedoch die Zellen dieser Schicht auf jeden Fall keine Sinneszellen, wie bei den Libellen, da ihnen sowohl Rhabdome als Nervenfasern fehlen.

Die Retina besteht aus zahlreichen, regelmäßig nebeneinander angeordneten, prismatischen Sehzellen. Ihre Kerne liegen in den basalen Teilen der Zellen. Die Rhabdome sind kurz. Sie treten nach der Färbung mit Eisenhämatoxylin als intensiv schwarze, scharf begrenzte Linien deutlich hervor. Sie liegen an dem distalen Teil der Berührungsfläche zweier Sehzellen. In diese ist ein dunkles Pigment eingelagert, das proximad von den Rhabdomen dicht liegt, um nach der Basis der Zellen zu allmählich zu verschwinden. Die Nervenfasern durchsetzen die Basalmembran, die stets deutlich erhalten bleibt, und gehen in den Sehnerven über, der nach kurzem Verlauf rostralwärts umbiegt und mit dem Gehirn sich vereinigt.

3. *Phragmatobia fuliginosa* STPH.

Die Stirnagen der Bären sind in ihrem ganzen Aussehen unter den Schmetterlingen denen der Eulen am meisten ähnlich, wenn sie

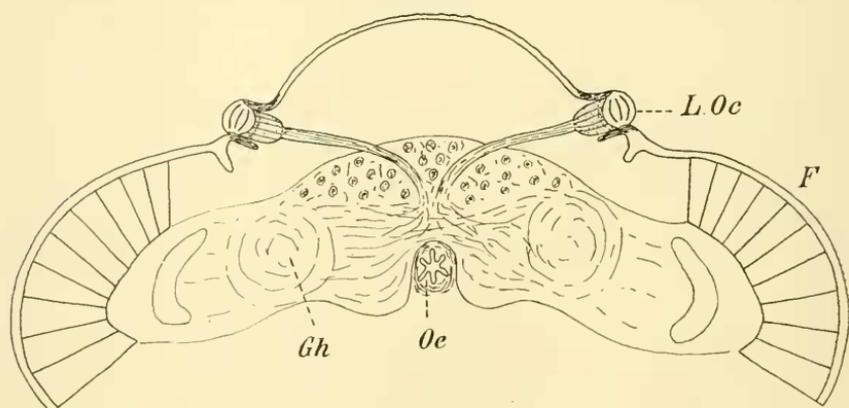


Fig. D.

Callimorpha dominula. Frontalschnitt durch den Kopf.

L. Oc Lateralocellus. F Facettenauge. Oe Oesophagus. Gh Gehirn.

sich auch in einigen Punkten von diesen unterscheiden. Ihre Lagerung am Kopf bei *Callimorpha dominula* erhellt aus der Textfig. D. Ihr Sehfeld ist nach den Seiten und wenig nach oben gerichtet.

Die Linse hat eine regelmäßig bikonvexe Gestalt (Fig. 11). Sie ist nicht so mächtig entwickelt wie bei den meisten übrigen

Schmetterlingsarten. Die an die Linse angrenzende Cuticula ist dunkel pigmentiert und wirkt bei dem Mangel von Pigment in der Hypodermis wie eine Iris. Die corneagene Schicht besteht aus niedrigen Zellen, die sich an der Lateralseite des Ocellus wenig verlängern. Unter dieser Zellenlage gewahrt man die bindegewebige Zwischenschicht, die vielfach sehr zart und in feine Ausläufer verteilt ist. Die in sie eingestreuten Kerne sind spärlich und teilweise ziemlich groß. Die Sehzellen sind weniger zahlreich und größer als bei *Sesia* und *Zygaena*. Ihre Kerne liegen regelmäßig in dem proximalen Teil der Zellen. An der distalen Berührungsfläche zweier Sehzellen liegen die Rhabdome, die wohl erkennbar, aber nicht besonders deutlich sind. Die Sehzellen verjüngen sich an ihrer Basis und gehen nach dem Durchtritt durch die Basalmembran in den Sehnerven über, in dem eine geringe Anzahl von Stützzellen sich findet. In den Sehzellen ist mit Ausnahme des distalen, Stäbchen tragenden Teiles ein rotbraunes Pigment in gleichmäßiger Verteilung vorhanden.

Der eben geschilderten Art schließen sich die Ocelle von *Callimorpha dominula* eng an. Die Linse hat dasselbe Aussehen. Die Sehzellen sind etwas kürzer, und die Retina ist mehr in die Breite gezogen. Das Pigment liegt ebenfalls ziemlich dicht in den Sehzellen und hat ein dunkelbraunes Aussehen.

Desgleichen stimmen die Ocelle von *Arctia caja* mit dem bei *Phragmatobia* geschilderten Bau in allen wesentlichen Punkten überein. Die Linse ist nach außen nicht stark vorgewölbt; dagegen springt sie nach innen zapfenartig vor. Die corneagene Schicht besteht aus kleinen, niedrigen Zellen, unter denen man die äußerst zarte Zwischenschicht mit zahlreichen kleinen Kernen wahrnehmen kann. Die Sehzellen finden sich in großer Zahl und sind ziemlich kurz, so daß die Retina eine ansehnliche Breite aufweist. Die Rhabdome sind ebenfalls zahlreich, aber, wie bei *Phragmatobia*, nicht sehr deutlich. Die Sehzellen enthalten in den mir vorliegenden Präparaten kein Pigment. Da jedoch die übrigen Bären, soweit ich sie untersucht habe, sämtlich Pigment in den Sehzellen besitzen und derartige Eigenschaften in der Regel bei einer Familie konstant sind, bin ich der Ansicht, daß der Pigmentmangel bei *Arctia* auf das lange Verweilen des mir zur Verfügung stehenden Kopfes in Alkohol zurückgeführt werden muß.

4. *Catocala sponsa* L.

Nach dem Abbürsten der Haare auf der Oberseite des Kopfes kann man die Ocelle von *Catocala sponsa* mit bloßem Auge als kleine, dunkelumrandete Höckerchen neben dem obern Rand der Facettenaugen erkennen.

Die Linse ist sehr wohl entwickelt (Fig. 12). Sie springt nach außen in starker Wölbung vor, während der innere, ebenfalls sehr mächtige Teil, etwas breiter und flach abgeschnitten ist. Die an die Linse angrenzende Cuticula ist zu beiden Seiten dunkel pigmentiert. Daher erscheint der Ocellus in seiner Gesamtheit als dunkles Höckerchen mit heller glänzender Oberfläche. Die corneogene Schicht setzt sich aus einer großen Anzahl niedriger, stark färbbarer Zellen zusammen. Ihre Kerne sind länglich und füllen fast den ganzen bei der Bildung der Linse übrig gebliebenen Teil der Zellen aus. Unter der corneogenen Zelllage befindet sich die bindegewebige Zwischenschicht, die in der Regel bei den Imagines nur durch ihre kleinen Kerne sich bemerkbar macht, da die Retina den Corneagenzellen dicht anliegt. Die Retina besteht aus wenigen, aber großen Sehzellen. Ihre Gestalt ist bemerkenswert insofern, als sie bei ihrem Durchtritt durch die Basalmembran kaum merklich dünner werden. In der Regel findet man die Sehzellen in den Stirn- augen der Insecten an der Basis der Ocellus stark verjüngt, so daß sie nur als dünner Faden durch die Basalmembran durchtreten und in den Sehnerven übergehen. Man betrachtet daher den Teil der Zellen innerhalb der Basalmembran als die eigentliche Sehzelle, während man den außerhalb gelegenen, schon durch seine bedeutende Dicken- abnahme auffallenden Teil als die Nervenfasern bezeichnet. Obwohl nun die Sehzellen bei *Catocala* fast in derselben Dicke sich in den Sehnerven fortsetzen, so bezeichne ich doch der Einheitlichkeit wegen den außerhalb der Basalmembran gelegenen Teil der Zellen als Nervenfasern. Die Kerne liegen teils proximad teils distad in den Sehzellen; mitunter ist auch einer soweit in die Tiefe gerückt, daß er proximad von der Basalmembran also gewissermaßen in die Nerven- faser zu liegen kommt. Da die Zellgrenzen deutlich hervortreten, kann man die Nervenfasern der einzelnen Sehzellen in dem Seh- nerven weithin verfolgen. Zwischen ihnen findet man eine geringe Anzahl länglicher Kerne, die wohl Stützzellen angehören. Was die recipierenden Elemente anlangt, so sind sie bei dieser Art, wie bei den meisten Schmetterlingen überhaupt, nicht sehr vollkommen aus-

gebildet. Man kann an den Grenzlinien der Sehzellen stärker lichtbrechende, stäbchenartige Bildungen, die sich auch intensiver färben als ihre Umgebung, wohl erkennen. Pigment konnte ich weder in der Retina noch auch in den Sehnerven beobachten. Da ich teilweise ganz frisch konserviertes Material untersuchte, ist nicht anzunehmen, daß es aufgelöst war, wie ich bei *Arctia caja* vermutete. Für den vollständigen und primären Mangel spricht auch, daß ich in keinem Ocellus der übrigen Eulen eine Spur von Pigment gefunden habe.

Dem bei *Catocala sponsa* geschilderten Bau der Ocelle schließen sich die übrigen Eulen eng an. Bei *Craniophora ligustri* und *Mamestra persicariae* liegt der Ocellus in einem dunkel pigmentierten Chitinzylinder, dessen vordere Öffnung von der nicht besonders mächtigen

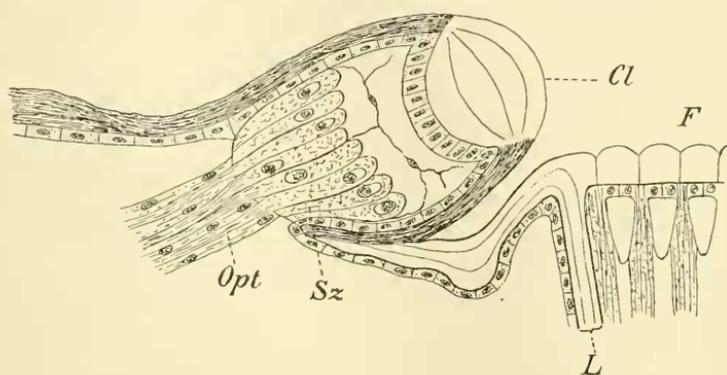


Fig. E.

Mamestra persicariae. Lateralocellus. Frontalschnitt.

Cl Cornealinsse. *Sz* Sehzellen. *Opt* Sehnerv. *F* Facettenauge. *L* nach innen vorspringende Chitinleiste am Rand des Facettenauges.

Linse eingenommen wird, während an dem hintern Ende der Sehnerv austritt. Diese Ocelle liegen den Facettenaugen sehr genähert und sind scharf nach den Seiten gerichtet, wie sich aus Textfig. E ergibt.

5. Die Entwicklung der Ocelle von *Catocala fraxini*.

Um die Entwicklung der Schmetterlingsocelle zu verfolgen, konservierte ich Puppen von *Catocala fraxini* in verschiedenen Altersstadien, indem ich den vordern Teil der Puppe mit dem Rasiermesser abschnitt, um ein gutes Eindringen der Fixierungsflüssigkeit zu ermöglichen. Die Orientierung dieser Objekte beim Schneiden ist

jedoch ungleich schwieriger als bei den Neuropterenpuppen, wo man lediglich sagittale Schnittserien anzufertigen braucht, um die Anlage des Medianocellus in der richtigen Weise auf den Schnitt zu bringen. Bei den Schmetterlingen fehlt der mittlere Ocellus, so daß man genötigt ist, die seitlichen zur Untersuchung zu verwenden, was am einfachsten auf Frontalschnitten geschieht. Um hier eine leichtere Orientierung zu ermöglichen und durch die harte Puppenhülle beim Schneiden nicht behindert zu werden, bettete ich das Vorderteil der Puppe in Paraffin ein und löste die Puppenhaut nach dem Abschaben des darüber liegenden Paraffins durch seitlichen Druck ab. Diese Manipulation ist sehr einfach und gelingt stets ohne Verletzung des Puppenkörpers, da dieser nicht dicht unter der Puppenhülle liegt, sondern durch einen Zwischenraum, der anfangs Flüssigkeit, später die Haare der definitiven Cuticula enthält, von ihr getrennt ist. Der auf diese Weise bloßgelegte Kopf, der insbesondere bei jungen Puppen, wo die definitive Cuticula noch nicht angelegt ist, sehr zart ist, wird wieder vorsichtig in flüssiges Paraffin gelegt, und dann mit Hilfe des binokulären Präpariermikroskops, mit dem man die Wölbung der Facettenaugen und die Ansatzstellen der Fühler erkennen und zur Orientierung ausnützen kann, aufs neue eingebettet und geschnitten. Auf diese Weise erhielt ich wohl orientierte Schnitte durch die Anlage der Lateralocelle.

Die jüngste mir zur Verfügung stehende Puppe war etwa 8 Tage alt. Die Anlage des Ocellus ist schon vorhanden. Die Hypodermis setzt sich aus hohen, regelmäßig nebeneinander liegenden Zellen zusammen (Fig. 13). Im Bereich der Anlage ist sie nach außen schwach vorgewölbt und ganz wenig verdickt. Lateralwärts geht sie nach einer kurzen Strecke in die Anlage des Facettenauges über, in der man eben eine Differenzierung in die einzelnen Zellschichten erkennen kann. Die Kerne der Hypodermiszellen sind länglich und liegen distalwärts nahezu auf gleicher Höhe. Die Anlage des Ocellus ist dadurch charakterisiert, daß unter den Hypodermiszellkernen eine geringe Anzahl rundlicher Kerne liegt, die wenig Chromatin enthalten und etwas größer sind als jene, während der ihnen zugehörige Zellkörper sich viel intensiver färbt als seine Umgebung. Diese Zellen liegen auf wechselnder Höhe zwischen den Hypodermiszellen, die von dem obern Rand der Anlage bis zur Basalmembran durchreichen, und stellen die spätern Sehzellen dar. Der Sehnerv ist ebenfalls schon angelegt und geht in mäßiger Breite

von der Basis der Anlage aus. In seinem ganzen Verlauf findet man eine große Anzahl kleiner Kerne.

Mit der Weiterentwicklung der Puppe vermehrt sich die Zahl der Sehzellen ständig. Sie heben sich noch deutlicher von ihrer Umgebung ab und wandern allmählich nach dem Grund der Anlage hin. Die Hypodermiszellen werden nach oben mehr verlängert, so daß die Vorwölbung nach außen bedeutender wird. Lateralwärts schwillt die Hypodermis nach innen zu mächtig an, um später den Chitinhöcker zwischen dem Ocellus und dem Facettenauge zu bilden. Nach und nach sammeln sich alle Sehzellen an der Basis der Anlage und grenzen sich allmählich gegen die Hypodermiszellen ab, ein Vorgang, den man schrittweise verfolgen kann. Alsdann ordnen sie sich regelmäßig nebeneinander an und entsenden ihre Nervenfasern durch die Basalmembran, so daß der in Fig. 14 abgebildete Zustand erreicht wird.

Die Hypodermis scheidet die bleibende Cuticula ab. Die Corneazellen haben ihre größte Länge erreicht und werden in dem Maß, als die Bildung der Linse vor sich schreitet, immer niedriger. Zu beiden Seiten der Sehzellenmasse, die sich gegen die Corneazellen scharf abgegrenzt hat, sind diese stark verlängert, so daß die Sehzellen mit Ausnahme der Austrittsstelle des Sehnerven noch vollkommen von ihnen eingeschlossen werden. Die Einwanderung der Zwischenschicht erfolgt auf diesem Stadium; denn ihre Kerne treten in spärlicher Anzahl auf. Mit der vollständigen Ausbildung der Linse und der Retina erreicht der Ocellus den Zustand, wie er sich bei der Imago findet. Er schließt sich dem bei *Catocala sponsa* geschilderten Bau vollkommen an.

Aus dieser Darstellung geht hervor, daß die Entwicklung der Schmetterlingsocelle mit der der Neuropterenocelle in hohem Maße übereinstimmt. Die Sehzellen entstehen bei beiden Gruppen durch Auswanderung aus der Hypodermis und nicht durch einen Faltungsprozeß, wie er bei der Entwicklung der Spinnenaugen beschrieben ist. Die bindegewebige Zwischenschicht steht, ebenso wie bei den Neuropteren, mit der Entwicklung des Ocellus nicht direkt im Zusammenhang. Was sie zu bedeuten hat, ist nicht leicht zu entscheiden; vielleicht, daß sie bei der Nahrungszufuhr zu der Anlage, wo zweifellos ein reger Stoffwechsel stattfindet, eine Rolle spielt.

Die Stirnaugen der Schmetterlinge sind, wie aus einer vergleichenden Betrachtung hervorgeht, im wesentlichen nach dem-

selben Plan gebaut, wenn man von der besondern Schicht über der Retina der Ocelle von *Zygaena* absieht. Sie sind sämtlich mit mächtigen, cuticularen Linsen ausgestattet. Die Abhaltung seitlich einfallender Lichtstrahlen, die bei den meisten übrigen Insectenocellen durch eine irisartige Pigmentierung der an die corneagene Schicht anstoßenden Hypodermiszellen bewerkstelligt wird, liegt hier lediglich der an die Linse angrenzenden Cuticula ob, die zu diesem Zweck dunkel pigmentiert ist und teilweise in mächtige, nach innen zu vorspringende Fortsätze, die den Ocellus rings umgeben, ausgezogen ist. Die Retina besteht teils aus einer geringen Zahl großer, teils aus einer größern Anzahl von kleinen, schlanken Sehzellen. Die Rhabdome sind, mit Ausnahme von *Zygaena*, nicht in der Weise ausgebildet wie bei den meisten andern Insectenocellen. Bei diesen liegen sie an der Berührungsfläche der Sehzellen als kurze oder lange stäbchenartige Bildungen, die an ihren Enden stets scharf abgeschnitten sind und bei günstigen Objekten noch ihre Zusammensetzung aus einzelnen Stiftchen, wie HESSE vielfach gezeigt hat, erkennen lassen. Demgegenüber sind die Rhabdome in den Ocellen der Lepidopteren viel undeutlicher, da sie sich nicht so scharf gegen ihre Umgebung abheben. Daß diese Bildungen trotzdem als typische Rhabdome anzusehen sind, ist zweifellos; denn sie sind schon an ungefärbten Schnitten in Wasser infolge ihrer starken Lichtbrechung wahrnehmbar, und mit geeigneten Färbemitteln läßt sich auch ihre ungefähre Ausdehnung feststellen, obwohl sie in der Regel an den Enden nicht scharf abgeschnitten sind, sondern allmählich dünner werden, mit Ausnahme von *Zygaena*, deren Rhabdome die charakteristische Ausbildung aufweisen. Die Pigmentverteilung in den Ocellen der Schmetterlinge ist eine recht verschiedene. Bei den Eulen ist überhaupt kein Pigment vorhanden, weder in der Retina noch in dem Sehnerven. Die Sesien haben in den Sehzellen ebenfalls kein Pigment, dagegen eine reichliche Anhäufung an der Basis der Retina und in dem Anfangsteil des Sehnerven. Bei den Bären und Zygaeniden findet man das Pigment in den Sehzellen selbst, was wohl die vollkommenste Art der Isolierung sein dürfte.

Soviel man auf Grund der anatomischen Befunde urteilen kann, scheint bei den Ocellen der Schmetterlinge eine Bildwahrnehmung möglich, da die vorhandenen Linsen zu einer Bilderzeugung wohl geeignet sind. Diese dürfte jedoch nur unvollkommen sein. Allerdings kann man bei dieser Frage nicht alle Schmetterlingsocelle auf dieselbe Stufe stellen. Die der Eulen erscheinen vielmehr als die

unvollkommensten, da sie nur wenig Sehzellen besitzen und eine Isolierung der einzelnen Elemente durch Pigment vollkommen fehlt. Als die leistungsfähigsten Schmetterlingsocelle wird man wohl die von *Zygaena* betrachten müssen, da sie sich aus zahlreichen, einzeln isolierten Sehzellen mit typischen Rhabdomen zusammensetzen.

Nachdem der Bau und die Entwicklung der Stirnaugen der Neuropteren und Lepidopteren genügend klargelegt sind, erhebt sich die weitere Frage, welche Bedeutung man den Stirnaugen neben den Facettenaugen beizumessen hat. Diese beiden Gruppen sind jedoch sehr wenig geeignet, hierüber Aufklärung zu geben, da die Ocelle bei ihnen ganz unregelmäßig verteilt sind. Ich werde daher bei der Behandlung der Stirnaugen der Orthopteren, wo ursprünglichere Verhältnisse vorliegen, auf diese Frage noch ausführlich zurückkommen, so daß ich mich hier auf das Wichtigste beschränken kann.

Zunächst wird es sich darum handeln, den Unterschied beider Augenformen festzustellen. Dabei ist zweifellos das wichtigste, daß die Ocelle bedeutend lichtstärker sind als die Facettenaugen. Dies wurde vielfach als ein Hinweis dafür angesehen, daß die Ocelle zum Sehen in schwachem Licht geeignet seien, was gewiß in manchen Fällen zutrifft, keineswegs aber verallgemeinert werden darf. Die größere Lichtstärke der Ocelle hat vielmehr ihre Bedeutung darin, daß sie hierdurch befähigt sind, ferne Gegenstände, die in die einzelnen Facettenglieder nicht mehr genügend Strahlen entsenden, um die Rhabdome zu erregen, noch wahrzunehmen. Bei diesen Überlegungen darf jedoch die verschiedene Lichtstärke der Facettenaugen selbst nicht außer Betracht gelassen werden; denn die Facettenaugen mit echten Krystallkegeln sind bedeutend lichtstärker als die, die lediglich Zellenkegel besitzen. Diese Tatsache könnte den Gedanken nahelegen, daß Insecten mit lichtstarken Facettenaugen der Stirnaugen nicht mehr bedürfen. Und wirklich scheint das Fehlen der Ocelle bei den Käfern und Tagschmetterlingen eine Bestätigung für diese Vermutung zu sein. Bei genauerm Zusehen ergeben sich jedoch so viele Ausnahmen, daß ihre Berechtigung in Frage gestellt wird. So haben *Neuronia* und *Osmylus* sowohl Stirnaugen als echte Krystallkegel in den Facettenaugen. Bei den Eulen könnte man ja als Grund der Anwesenheit der Ocelle neben den lichtstarken Facettenaugen anführen, daß sie diesen nächtlichen Tieren trotzdem noch von Nutzen sind. Einen Hinweis dafür, daß die eben erwähnte

Beziehung nicht ganz von der Hand zu weisen ist, scheint mir darin gegeben zu sein, daß die mit lichtschwachen Facettenaugen ausgestatteten Neuropteren (*Panorpa*) und Lepidopteren (*Zygaena*) die am höchsten differenzierten Stirnagen besitzen. Da beide Formen Tagtiere sind, beruht diese hohe Ausbildung nicht etwa auf einer Bedeutung der Ocelle für das Sehen im Dämmerlicht. Wenn demnach die Stirnagen infolge ihrer größern Lichtstärke besonders zum Sehen ferner Gegenstände eingerichtet sind, so dürften sie als wichtige Orientierungsmittel der Insecten, insbesondere während des Fluges, angesehen werden, eine Vermutung, die schon mehrfach erörtert wurde.

KOLBE gelangt auf Grund vergleichender Betrachtungen über das Vorkommen der Ocelle zu dem Ergebnis, daß sie mit dem Flug der Insecten in Zusammenhang zu bringen sind. HESSE schließt sich ebenfalls dieser Ansicht an. Bei den Orthopteren fand ich positive Anhaltspunkte dafür, daß die Ocelle für die rasche Bewegung der Tiere von Wichtigkeit sind. Wenn freilich auch bei den niedern Insecten dies die einzige und bei den höhern in der Regel wenigstens die hauptsächlichste Funktion sein dürfte, so kommen doch gerade bei diesen noch mannigfache Nebenfunktionen hinzu, deren Aufklärung mit großen Schwierigkeiten verknüpft ist. KOLBE führt aus: es bedarf einer genauen Kenntnis der Flug- und Lebensweise der Insecten, um die Beziehungen zwischen diesen und dem Vorhandensein oder Fehlen der Stirnagen in jedem einzelnen Falle zu erkennen. Er nimmt an, daß gute und rasche Flieger die Stirnagen nötiger brauchen als schlechte. Denn den über dem Wasserspiegel tanzend flatternden Leptoceriden (Trichoptera) fehlen sie, nicht aber den von einem Platz zum andern fliegenden Limnophiliden, Phryganeiden, Hydropsychiden, die zu derselben Ordnung gehören. Ganz richtig hält KOLBE solchen Erwägungen den auf- und absteigenden und dabei lokalisierten Flug der Ephemeriden, die trotzdem Stirnagen besitzen, entgegen.

Aus dem Gesagten geht zur Genüge hervor, daß auf diesem Wege eine befriedigende Lösung der Frage kaum zu erwarten ist. Vielmehr werden auch hier Versuche mit lebenden Tieren das Ausschlaggebende sein. Daß solche Versuche mit großen Schwierigkeiten verknüpft sind, geht daraus hervor, daß die Resultate der einzelnen Forscher sich teilweise geradezu widersprechen. SCHÖNFELD berichtet, daß eine Biene auf das Fenster zufliegt, auch wenn die Facettenaugen lackiert sind; wenn dagegen die Stirnagen beschmiert

werden, bleibt sie ruhig sitzen und fliegt aufgescheucht gegen die Decke und stößt überall an (in: *Bienenzeitung* 1865, Vol. 21, p. 88). RÉAUMUR gibt an, daß Bienen mit lackierten Facettenaugen sich sehr hoch in die Luft erheben, während solche mit lackierten Stirnaugen in der Nähe der Pflanzen herumfliegen, ohne sich zu entfernen oder sich in die Lüfte zu erheben (R. A. F. DE RÉAUMUR, *Mémoires pour servir à l'histoire des Insects*, Amsterdam 1734—1742, Vol. 5, Teil 1, p. 363). Wenn diese beiden Forscher auf Grund ihrer Experimente den Ocellen eine wichtige Bedeutung bei dem Sehen der Insecten zuerkennen, so gelangt PLATEAU zu dem entgegengesetzten Resultat. Bei seinen zahlreichen Versuchen ergab sich, daß Insecten, die der Stirnaugen beraubt waren, den Verlust eines Sinnesorgans nicht erkennen ließen, sondern wie normale Individuen sich benahmen, während sie mit den Stirnaugen allein dasselbe Verhalten zeigten wie vollkommen geblendete Tiere. PLATEAU zieht daraus den Schluß, daß die Stirnocelle der Insecten nur ein ganz unvollkommenes Sehvermögen besitzen und für die Tiere nahezu wertlos (d'une utilité à peu près nulle) seien (F. PLATEAU, *Recherches expérimentales sur la vision chez les Arthropodes*, in: *Bull. Acad. Sc. Belg.*, Vol. 15, 1888). Desgleichen fand v. BUTTEL-REEPEN, daß Bienen mit lackierten Ocellen nach wie vor auf Licht reagieren, während er bei Tieren mit lackierten Facettenaugen keine Reaktion auf Licht wahrnehmen konnte; trotzdem hält er die Ocelle nicht für wertlose Organe, sondern nimmt an, daß sie den Insecten zum Sehen in der Nähe dienen (H. v. BUTTEL-REEPEN, *Die stammesgeschichtliche Entstehung des Bienenstaates*, Leipzig 1903).

Versuche, die ich vorigen Herbst gemeinsam mit Herrn Prof. Dr. R. HESSE ¹⁾ anstellte, ergaben, daß Bienen, denen die Stirnaugen lackiert waren, wohl noch imstande waren, ihren Stock zu finden, während von den Individuen mit verschmierten Facettenaugen, soweit sie überhaupt abflogen, keine einzige zu ihrem Stock zurückkam. Ferner machte ich diesen Sommer einige weitere Versuche mit Drohnen, da diese wegen ihrer Stachellosigkeit ein sorgfältiges Lackieren der Augen ermöglichen. Ich ließ die Tiere in einem großen Zimmer, dessen Fenster mit Ausnahme eines einzigen verdunkelt waren, fliegen und beobachtete, wie sie sich dem einfallenden Licht gegenüber verhielten. Hierbei zeigte sich, daß Tiere mit lackierten Stirnangen auf das Fenster zuflogen wie normale Indi-

1) R. HESSE, *Das Sehen der niederen Tiere*, p. 44.

viduen. Es hatte also bei diesen wie bei den Versuchen HESSE's der Verlust der Stirnagen für die Bienen keine bemerkenswerten Nachteile zur Folge. Doch berechtigen diese Versuche allein noch nicht zu einem Urteil über den Wert der Stirnagen. Denn daß die Tiere mit den Stirnagen allein noch auf Lichteindrücke zu reagieren vermögen, geht daraus hervor, daß Drohnen, denen die Facettenaugen verschmiert waren, ebenfalls das Fenster in nahezu geradem Fluge erreichten, während solche mit lackierten Facetten- und Stirnagen aufgescheucht lebhaft in dem Zimmer umherflogen und häufig an die Decke oder an die Wand anstießen, ohne von der Lichtquelle beeinflußt zu werden.

Tübingen, im Juli 1908.

Literaturverzeichnis.

1879. GRENACHER, H., Untersuchungen über das Sehorgan der Arthropoden. Göttingen.
1901. HESSE, R., Untersuchungen über die Organe der Lichtempfindung bei niederen Tieren: Von den Arthropoden-Augen, in: Z. wiss. Zool., Vol. 70, p. 347—473.
1908. —, Das Sehen der niederen Tiere, Jena.
1893. KOLBE, H. J., Einführung in die Kenntnis der Insekten, Berlin.
1893. KORSCHULT, E., und K. HEIDER, Lehrb. d. Entwicklungsgesch. d. wirbellosen Tiere.
1908. LINK, E., Über die Stirnagen der Orthopteren, in: Verh. Deutsch. zool. Ges., 1908, p. 161—167.
1908. —, Über die Stirnagen einiger Lepidopteren und Neuropteren (Vorl. Mitt.), in: Zool. Anz., Vol. 33, p. 445—450.
1900. REDIKORZEW, W., Untersuchungen über den Bau der Ocellen der Insekten, in: Z. wiss. Zool., Vol. 68, p. 581—624.
-

Erklärung der Abbildungen.

D dorsal: *R* rostral

<i>Bg</i> Bindegewebe	<i>nf</i> Nervenfaser
<i>cl</i> Cornealinse	<i>no</i> Sehnerv
<i>co</i> Cornea	<i>Pg</i> Pigment
<i>ct</i> Cuticula	<i>Rh</i> Rhabdom
<i>cx</i> Corneazelle	<i>stz</i> Stützzelle
<i>F</i> Facettenauge	<i>sz</i> Sehzelle
<i>Fk</i> Fettkörperzellen	<i>szk</i> Kern einer Sehzelle
<i>Gh</i> Gehirn	<i>Zw</i> Zwischenmembran
<i>hyp</i> Hypodermis	

Tafel 15.

Fig. 1. *Neuronia ruficus* SCOP. Sagittalschnitt durch den Medianocellus. 270 : 1.

Fig. 2. Dsgl. Sagittalschnitt durch die Anlage des Medianocellus einer ca. 1 Tag alten Puppe. 335 : 1.

Fig. 3. Dsgl. Sagittalschnitt durch die Anlage des Medianocellus einer ca. 5 Tage alten Puppe. 270 : 1.

Fig. 4. Dsgl. Sagittalschnitt durch die Anlage des Medianocellus einer ca. 8 Tage alten Puppe. 270 : 1.

Fig. 5. *Osmylus chrysops* L. Frontalschnitt durch einen Lateralocellus. 335 : 1.

Fig. 6. *Raphidia ophidiopsis* SCHUM. Frontalschnitt durch einen Lateralocellus. 335 : 1.

Tafel 16.

Fig. 7. *Panorpa communis* L. Sagittalschnitt durch den Medianocellus. 335 : 1

Fig. 8. Dsagl. Querschnitt durch den distalen Teil der Retina; auf der linken Seite sind die Sehzellen im Bereich der Rhabdome geschnitten, auf der rechten etwas tiefer, so daß die Anordnung des Pigments sichtbar ist. 530 : 1.

Fig. 9. *Sesia sphecoformis* ESP. Frontalschnitt durch den Lateralocellus. Entpigmentiert. 335 : 1.

Fig. 10. *Zygaena* sp. Frontalschnitt durch den Lateralocellus. 335 : 1.

Fig. 11. *Phragmatobia fuliginosa* STPH. Frontalschnitt durch den Lateralocellus. 335 : 1.

Tafel 17.

Fig. 12. *Catocala sponsa* L. Frontalschnitt durch den Lateralocellus. 270 : 1.

Fig. 13. *Catocala fraxini* L. Frontalschnitt durch die Anlage des Ocellus einer jüngeren Puppe. Die Puppencuticula ist nicht eingezeichnet. 270 : 1.

Fig. 14. Dsagl. Frontalschnitt durch die Anlage des Ocellus einer älteren Puppe. An der Lateralseite ist ein Teil des zusammengesetzten Auges (*F*) mitgezeichnet. 180 : 1.